

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-256398

(43)Date of publication of application : 01.10.1996

(51)Int.Cl.

H04R 17/00  
A61B 8/00  
G01N 29/24  
H01L 41/08  
H01L 41/22  
H04R 31/00

(21)Application number : 07-057286

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 16.03.1995

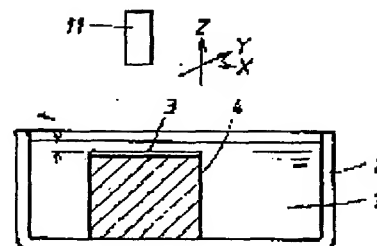
(72)Inventor : SAWADA YUKIHIKO  
WAKABAYASHI KATSUHIRO  
ADACHI HIDEO

## (54) ULTRASONIC WAVE TRANSDUCER AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To enhance the degree of freedom of the shape by curing photo-setting resin mainly using a piezoelectric material as its filler through light irradiation so as to easily obtain a required thickness and to cure the photo-setting resin on other components.

**CONSTITUTION:** Baked piezoelectric ceramics is pulverized to form filler powder, blended in photo-setting fluid resin by using a kneader to form a mixture 1. A rear dumping member 4 whose front side is formed in advance with a rear electrode 3 is placed in a stainless steel or glass case 2 provided with a heater and whose temperature is kept to a setting temperature. Then the mixture 1 is put in the case 2 and the level of liquid is adjusted so that an interval between the liquid level of the mixture 1 and the rear electrode 3 is a thickness (t) of the piezoelectric element to be formed. An ultraviolet ray irradiation device 11 scans and applies irradiation to a range in which the piezoelectric element is to be formed. Only the exposed part of the mixture 1 is changed into a solid and a composite piezoelectric body comprising the rear dumping member 4 and the rear electrode 3 integrated with each other is obtained by rinsing and removing the uncured part.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-256398

(43) 公開日 平成8年(1996)10月1日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 R 17/00	3 3 0		H 0 4 R 17/00	3 3 0 C
A 6 1 B 8/00			A 6 1 B 8/00	
G 0 1 N 29/24			G 0 1 N 29/24	
H 0 1 L 41/08			H 0 4 R 31/00	3 3 0
41/22			H 0 1 L 41/08	H

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-57286

(22) 出願日 平成7年(1995)3月16日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 沢田 之彦

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(72) 発明者 若林 勝裕

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(72) 発明者 安達 日出夫

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

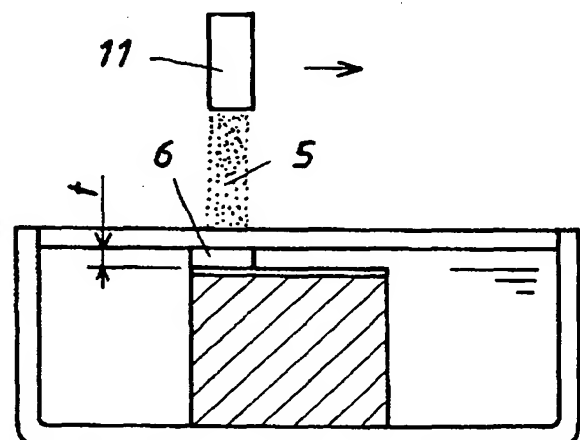
(74) 代理人 弁理士 奈良 武

(54) 【発明の名称】 超音波トランスデューサとその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 光硬化型樹脂を用いた複合圧電体による超音波トランスデューサを得る。

【構成】 光硬化性樹脂とPZTとから成る混合物1を収容した容器2内に背面側表面電極3が形成された背面制動材4を載置する。次に、光照射装置11から紫外線5を混合物1に照射しつつ走査する。紫外線5の照射部分6は硬化して固体となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複合圧電体を超音波信号送受のための主な構成要素とする超音波トランスデューサにおいて、前記複合圧電体が主に光硬化型樹脂と圧電材料とからなることを特徴とする超音波トランスデューサ。

【請求項 2】 前記複合圧電体が光硬化型樹脂と圧電材料との混合比の異なる複数種の複合圧電体からなることを特徴とする請求項 1 記載の超音波トランスデューサ。

【請求項 3】 前記複合圧電体が主に光硬化型樹脂をマトリックスとし、圧電材料と光透過性材料とをフィラーとした複合材として構成されたことを特徴とする請求項 1 記載の超音波トランスデューサ。

【請求項 4】 前記複合圧電体以外の構成部材においても、光硬化型樹脂をマトリックスとして構成したことを特徴とする請求項 1 記載の超音波トランスデューサ。

【請求項 5】 複合圧電体を構成要素とする超音波トランスデューサにおいて、液状の光硬化型樹脂を主なマトリックスとし、圧電材料を主なフィラーとした流動性のある混合物を照射により硬化して前記複合圧電体を形成する際、超音波トランスデューサの構成部品上で硬化させることを特徴とする超音波トランスデューサの製造方法。

【請求項 6】 前記複合圧電体以外の構成部材においても、光硬化型樹脂をマトリックスとした流動性のある混合物を照射により硬化させる際、超音波トランスデューサの複合圧電体を含む他の構成部品上で硬化させることを特徴とする請求項 5 記載の超音波トランスデューサの製造方法。

【請求項 7】 複合圧電体を構成要素とする超音波トランスデューサにおいて、液状の光硬化型樹脂を主なマトリックスとし、圧電材料を主なフィラーとした流動性のある混合物を照射により硬化して前記複合圧電体を形成する際、該複合圧電体の形状を照射範囲により形成することを特徴とする超音波トランスデューサの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、医療用または非破壊検査用超音波診断装置に用いられる超音波トランスデューサおよびその製造方法に関し、詳細には複合圧電体を用いた超音波トランスデューサに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、超音波トランスデューサの構造は、「医用超音波機器ハンドブック」、コロナ社、p186 等に示される様に背面制動材の上に、絶縁層を介して両面に電極を形成した PZT 圧電セラミックス板からなる圧電素子を接着し、更に音響整合層および音響レンズを接着していた。超音波トランスデューサの駆動は、上記圧電素子にパルス（図示省略）から百～数百ボルト程度の電圧の駆動パルスを印加することで上記圧電素子

を逆圧電効果により急速に変形し、これにより励起された超音波パルスを音響整合層および音響レンズを経て放射させることにより行われる。

【0003】 また、放射された超音波パルスは、医療用途に関しては体内の各組織の界面において、非破壊検査用に関しては被測定物内部の傷等の非連続部から反射された後に、上記音響レンズおよび音響整合層を経て圧電素子に再入射し、これを振動させる。この機械的振動は圧電効果により電気信号に変換され、観測装置（図示省略）によって観測される。

【0004】 ここで、圧電セラミックスは一般に調合・仮焼・粉碎により製造した原料粉体をバインダと混練した上で型に収めてプレス成形し、これを焼成したものを所定の厚さ及び形状に研磨・研削等により加工し、電極付加・分極の工程を経て製造される。

【0005】 近年、高分子圧電体は薄層化する事により高周波化が容易なことから医療用の超音波診断装置のトランスデューサをはじめとして、急速な需要の伸びが期待されている。高分子圧電体の従来例としては、「新・圧電材料の製造と応用」監修塩寄忠、（株）シーエムシー、1987.12.4 第 1 刷発行、p91～98 にあるように、Polyvinylidene-fluoride (PVF<sub>2</sub> あるいは PVDF) が一般的で特性的にも良好である。

【0006】 また、複合圧電体も、各種のトランスデューサに利用されている。複合圧電体の従来例としては、「新・圧電材料の製造と応用」監修塩寄忠、（株）シーエムシー、1987.12.4 第 1 刷発行、p100～108 にあるように、圧電体と樹脂の構成関係からいくつかの形に分類できる。例えば、0-3 複合圧電体は圧電素子をフィラーとして樹脂中に混ぜて成形したものである。また、1-3 複合圧電体は PZT をはじめとする圧電セラミックスまたは結晶に溝切りして圧電素子の格子を作製し、薄部分に樹脂を充填して作製することができる。

【0007】 また近年、光硬化型樹脂を用い、細く集束した紫外線ビームを用いて任意の形状を形成する光造形法の検討が盛んに行われている。これは、一般に樹脂成形品の試作用などに用いられている。また、本案に類似した技術範囲において、音響整合層や音響レンズの形成、部材接着等に用いられている事については、本出願人も含めて既に出願されており、公知の事実である。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、圧電素子セラミックスを用いる場合は前記の様に多くの工程を経る必要がある。特に研磨・研削工程は、加工コストが高価であるだけでなく、加工応力により圧電セラミックス内部にクラックが入る可能性があること、また特に 20MHz 以上に対応するために 0.1mm 以下と薄くした場合はクラックが圧電セラミックスの割れにつながる等により、工程の歩留まりおよび製品の信頼性や耐

久性の品質に問題がある。

【0009】また研削加工では、円板や方形板等の単純な形状以外については加工が困難であり、例えば近年注目されているような、ダイナミックフォーカシング・焦点切り換え・Bessel関数型音圧分布による無回折ビーム等を実現するために必要とされる、多重円環状のアニュラアレイや円錐状圧電素子については、その製造が非常に困難になる。このことは、リニア・コンベックス・マトリックス等の各種のアレイについても同様の事が言える。

【0010】また、前述した高分子圧電体では材質の改良が進んではいるものの、未だ比誘電率や、電気機械変換定数や圧電定数で代表される特性が低いという大きな欠点がある。このため高分子圧電体は、その音響インピーダンスが水に近いために伝達ロスが少ないという利点はあるものの、絶対的な出力は未だ不足しており、その用途は圧電セラミックスでの作製が困難な形状や周波数に限られている。

【0011】また、材料特性として電気的インピーダンスが大となるため、特に小型化した場合、パルス・ケーブル等の駆動回路との電気的なアンマッチングが生じ、総合的な効率が低下する。さらに、一般的に冷延伸法により作製されるため、形状に制限があり、同一素子内において厚みが異なるようなものは作製が不可能であった。

【0012】一方、複合圧電体はその電気・音響の各特性がセラミックスと高分子の中間であり、電気的にも音響的にも低伝達ロスを実現できる可能性があるため、近年注目されている。しかし、その製造法においていくつかの欠点をもっている。例えば0-3複合圧電体は、圧電粉末をフィラーとして樹脂中に混ぜたものを成形して製造する。しかし、型成形により圧電素子の形状を定める場合は、平面形状・厚さとも高精度になるものの、形状が型により規制されるため、形状選択の自由度が制限されてしまう。例えば、単純な方形や円形以外は非常に困難になる。このことは、各種のアレイ型超音波トランスデューサのために複数の超音波トランスデューサを配置しようとした場合に顕著となる。

【0013】またその厚さについては、複合圧電体の周波数定数が圧電セラミックスと比較して、その $1/2$ から $1/3$ と小さいため、厚さも同一周波数の圧電セラミックス以下となる。このため20MHz以上等に高周波化する場合、型成形により0.1mm等の厚さの樹脂材を成形する事は非常に困難であるから、型成形の後に機械加工により所定の厚さにすることが必要となる。成形後の複合圧電体を切削等により機械加工しようとした場合は、圧電セラミックスを用いる場合に述べた問題とほぼ同様な問題を生じる事は明らかである。この機械加工に関する問題点は厚さだけではなく、複合圧電体の形状を機械加工により定める場合については全く同様に発生

する問題である。

【0014】このような機械加工の問題を回避するために、スクリーン印刷等の塗布によりセラミックス粉体・樹脂混合物の供給と平面形状の成形とを一度に行う方法がある。この場合、圧電体の形状は印刷する際に使用する印刷マスクの開口部によって規定される。しかし、印刷法では良く知られている様に、印刷物である該混合物の外形に相当する印刷マスク開口の近傍においては、印刷に「にじみ」が発生する。このため、該混合物の外形を高精度で印刷する事はできず、その硬化物である高精度の複合圧電体を成形する事はできない。また、基本的に平面上にしか印刷することができないため、圧電体を形成する基板の形状が制限されてしまい、超音波トランスデューサ用途において解像度を高めるために有効な球シェル・円錐・円筒等は形成できない。

【0015】一方の1-3複合圧電体では、基本的に圧電セラミックス板の追加工により作製する事から、上記した様な圧電セラミックスに特有の問題を全て包含していることになる。

【0016】請求項1~7の目的は、生産性に優れた高性能トランスデューサの構造およびその製造方法の提供にある。

【0017】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、複合圧電体を超音波信号送受のための主な構成要素とする超音波トランスデューサにおいて、前記複合圧電体が主に光硬化型樹脂と圧電材料とからなることを特徴とする超音波トランスデューサである。請求項2の発明は、前記複合圧電体が光硬化型樹脂と圧電材料との混合比の異なる複数種の複合圧電体からなることを特徴とする請求項1記載の超音波トランスデューサである。請求項3の発明は、前記複合圧電体が主に光硬化型樹脂をマトリックスとし、圧電材料と光透過性材料とをフィラーとした複合材として構成されたことを特徴とする請求項1記載の超音波トランスデューサである。請求項4の発明は、前記複合圧電体以外の構成部材においても、光硬化型樹脂をマトリックスとして構成したことを特徴とする請求項1記載の超音波トランスデューサである。

【0018】請求項5の発明は、複合圧電体を構成要素とする超音波トランスデューサにおいて、液状の光硬化型樹脂を主なマトリックスとし、圧電材料を主なフィラーとした流動性のある混合物を光照射により硬化して前記複合圧電体を形成する際、超音波トランスデューサの構成部品上で硬化させることを特徴とする超音波トランスデューサの製造方法である。請求項6の発明は、前記複合圧電体以外の構成部材においても、光硬化型樹脂をマトリックスとした流動性のある混合物を光照射により硬化させる際、超音波トランスデューサの複合圧電体を含む他の構成部品上で硬化させることを特徴とする請求項5記載の超音波トランスデューサの製造方法である。

【0019】請求項7の発明は、複合圧電体を構成要素とする超音波トランスデューサにおいて、液状の光硬化型樹脂を主なマトリックスとし、圧電材料を主なフィラーとした流動性のある混合物を光照射により硬化して前記複合圧電体を形成する際、該複合圧電体の形状を光照射範囲により形成することを特徴とする超音波トランスデューサの製造方法である。

【0020】

【作用】請求項1～4の作用は、光硬化型樹脂を用いた複合圧電体により、高感度の超音波トランスデューサを実現する。請求項5および6の作用は、光硬化型樹脂を用いた複合圧電体が超音波トランスデューサの他の構造部材と一体化して製造される。請求項7の作用は、光硬化型樹脂を用いた複合圧電体がその外形を光照射により定められながら製造される。

【0021】

【実施例】以下に、添付図面を参照しつつ本発明に係わる超音波トランスデューサおよびその製造方法の実施例を説明する。以下の各実施例は、それぞれ単独に適用する事も、これらを任意に組合せて適用する事も、同様可能である。

【0022】【実施例1】図1～図7は本実施例を示し、図1～図4は超音波トランスデューサの製造工程を示す側面図、図5～図7は変形例を示す側面図である。まず、本焼成を終えたPZT系圧電セラミックスをボールミルを用いて粉砕し、平均粒径 $5\mu\text{m}$ 程度のPZTフィラー（図示省略）を作製準備する。

【0023】次に、紫外線、可視光線、X線、電子線等で硬化する光硬化性流動樹脂と前記PZTフィラー（図示省略）とを加圧ニーダー等の混練機（図示省略）により分散混合したのち、減圧脱泡して混合物1を作製した。なお、光硬化性流動樹脂としては、オリゴマー（エポキシアクリレート、ウレタンアクリレート等）、反応性希釈剤（モノマー）および光重合開始剤（ベンゾイン系、アセトフェノン系）の3要素からなる樹脂であり、前述の様に紫外線に代表される光線を照射する事により硬化し、流動体から固体へと変化するものである。

【0024】また、複合圧電体形成を行う装置として、図1に示すように、前記混合物1と反応しないステンレスまたはガラス等からなる容器2と、紫外線の光源（図示省略）と光学的に接続された光ファイバー・光学系等からなる光照射装置11を使用する。容器2には、ヒータ（図示省略）が一体化されており、容器2内の温度を任意に設定できる。また、光照射装置11は移動ステージ（図示省略）に取り付けられており、XYZ各軸方向への移動・回転が可能に保持されている。紫外線の光源としては、例えば波長 $330\sim 364\text{nm}$ のアルゴンレーザや波長 $325\text{nm}$ のHeCdレーザおよびYAGレーザの高周波等のレーザ光源や紫外線ランプ等を使用する。

【0025】なお、この容器2の近くには、内部にアセトンやアルコール等の有機溶剤を満たした超音波洗浄槽（図示省略）が用意されるとともに、後露光用の紫外線光源が配置された容器があり、テーブルが連結しているステージにより各工程へ移動可能なように構成されている。

【0026】光造形による複合圧電体の形成は以下のように行った。混合物1はPZT粉体/光硬化性樹脂 $=45/55\text{vol}\%$ の割合で混練したものとする。容器2内に、予めその表面に背面側表面電極3を形成した背面制動材4を載置する。該背面電極3は、エポキシ系樹脂マトリックス中にタングステン粒子を分散させて構成されている、背面制動材4の表面にAgのスパッタにより形成されている。続いて該混合物を容器2に入れ、ヒータ（図示省略）により加熱して約 $75^{\circ}\text{C}$ に保った状態で、混合物1の液面と表面電極3との間隔が形成しようとする圧電素子の厚さと同一になるようにする。本例においては、その厚さ $t$ を $30\mu\text{m}$ とした。

【0027】液面調整後、図2に示すように、光照射装置11から紫外光5を混合物1に照射しつつ走査する。このとき紫外光5の照射範囲は、表面電極3上における複合圧電体を形成すべき領域に限定する。これは、複合圧電体を表面電極3よりも大きく形成したい場合においては、この限りではない。混合物1のうち紫外光5を照射された部分6は硬化して固体となる。

【0028】所定の部分を硬化した後、背面制動材4を容器2から取り出し、これを超音波洗浄槽（図示省略）により溶剤洗浄することにより、混合物1の未硬化の残渣を洗浄除去する。その後、恒温槽にて加熱または紫外線連続照射を行う事により、硬化部を後硬化し、完全に混合物の硬化反応を終了させる。以上により、図3に示すように、背面制動材4上の背面側表面電極3に一体的な複合圧電体7が形成される。

【0029】複合圧電体7上にAgのスパッタにより放射面側表面電極10を形成し、放射面側表面電極10と背面側表面電極3との間に電圧を印加して複合圧電体7を分極し、圧電素子8を形成する。その後、放射面側表面電極10上にシリコン系樹脂により音響整合層9を形成する事により、図4に示すような超音波トランスデューサ15を製造できる。

【0030】本実施例では、複合圧電体を構成要素とした超音波トランスデューサを製造できる。その形状は、光照射範囲により厳密かつ簡単に定められる。

【0031】本実施例によれば、高精度の超音波トランスデューサを容易に製造する事ができる。また、超音波トランスデューサは複合圧電体を用いているため、電気的にも音響的にも低伝達ロスを実現でき、高感度の超音波トランスデューサとなる。このため循環器用等の特に小型化（血管にダメージを与えない）および低価格化（安全性維持のためのディスプレイ化対応）が要求

される分野において、非常に好適な製造方法を実現できる。

【0032】尚、本実施例においては複合圧電体内の圧電素子粉体（フィラー）としてPZT系の圧電セラミックスを使用した場合について示したが、PT系・PLZT系・ニオブ酸鉛系等の他のペロブスカイト型圧電セラミックスが使用可能である。特に、PLZT系とした場合は、フィラーが光を透過する性質を持つようになるため、紫外線による硬化がより確実に行われるという効果がある。またこの効果を狙い、フィラーを圧電特性に優れたPZTと、光透過性に優れたPLZT、またはガラス・石英・エポキシ系樹脂等の透明な樹脂材料の光透過性の物質との、2種又はそれ以上の混合物として構成してもよい。

【0033】同様にその表面電極についても、本実施例において示したAg薄膜の他に、Au・Cu・Ni・Co・Ti・Mo・W・Ta・Zr・Al等の金属とこれらの合金またはインジウム酸化物・ITO等の金属酸化物、 $TiB_2$ ・ $ZrB_2$ 等のホウ化物、WC・SiC等の炭化物・ $MoSi_2$ ・ $WSi_2$ 等のケイ化物が使用可能である。また、形成方法としてはスパッタ・真空蒸着・各種メッキ・イオンプレーティング・CVD等が使用可能である。さらに、上記の材料を2層以上の多層薄膜として形成する事も可能である。例えば、Cr薄膜を形成した後にAg薄膜を形成する事、Cr薄膜を形成した後にNi電界メッキを行う事などにより、膜の密着性と良好な電気伝導性との双方を確保する事ができる。

【0034】また、背面側表面電極3に関しては特に放射面側表面電極10と比較して音響特性（透過性）に関する制約が少ない事から、本実施例において示したAg薄膜の他に、Cu・Al・Fe・Ni・Ti等の金属またはこれらの合金であるSUS・真鍮・42Alloy・洋白等ならなる金属箔、FRP・酸化シリコン・窒化シリコン・アルミナ・ジルコニア等のセラミックスの絶縁性の材質からなる板材の表面を、金属箔Ag・Pd等の焼付け電極により導体化したものが使用できる。これにより、例えばFRPに銅箔を接着した電気配線基板を背面側表面電極3とする事により、超音波トランスデューサへの配線端子を一体化する事や、駆動回路の一部を実装する事も可能となるという効果が得られる。

【0035】さらに、複合圧電体を形成する基板となる物を背面制動材ではない他の部材とする事も可能である。例えば、本実施例で示した工程を反転し、予め放射面側表面電極を形成した音響整合層上に複合圧電体を形成する事は、本実施例の自明な変形例である。

【0036】本実施例においては、複合圧電体の厚さを流動体の混合物1の液面と背面制動材4上の背面側表面電極3との間隔tにより定めた（開放液面法）。しかし、図5に示すように、混合物1を満たした容器2中へ保持台12により背面を保持した背面制動材4を背面側

面表面電極3下向きとして浸漬し、容器2の底面と背面側表面電極3との間隔tにより複合圧電体の厚さを設定する（規制液面法）こともまた可能である。この場合、容器2の底部は少なくともその複合圧電体の形成が行われる部分について、その表面が平滑であるとともに、硬化した混合物との離型に優れ、また紫外線を透過する必要がある。例えば、平滑に研磨した白板ガラスの表面にフッ素系樹脂やシリコン系樹脂等の離型性の高い樹脂をコーティングしたもの等が適用可能である。この場合は形成される複合圧電体の形状を容器底面の形状により厳密に規定する事ができるため、より高精度な複合圧電体を製造できるという効果を持つ。

【0037】また本実施例においては、複合圧電体の平面形状に相当する混合物の硬化範囲を、紫外線の走査する範囲によって規定する方法について述べたが、図6に示すように、紫外線を一部だけ透過するようなマスク13を用いることも可能である。この場合は、マスクを交換するだけで多くの形状・大きさの超音波トランスデューサに対応できる。また充分口径が大きい紫外線光源を用いる事により、ビームの走査を行う必要が無くなるため、製造装置が簡略化されるという効果を持つ。さらに、複数の開口を持つマスクとする事により、一度に複数の超音波トランスデューサを製造する事ができるため、量産性に優れるという効果も併せ持っている。またこの2つの硬化範囲規定法を併用してもよい。

【0038】本実施例では、圧電素子8を最も単純な1枚の複合圧電体から構成されるものとして示したが、図7に示すように、間に中間電極14を挟持した複数の圧電素子8a、8bから構成された積層圧電素子とする事も可能である。この構造は、上述した複合圧電体形成工程と放射面側電極形成工程とを複数回繰り返す事により、全く同一の装置及び製造方法で製造することができる。この場合は、超音波トランスデューサの見掛け上の面積を拡大する事により、電氣的インピーダンスを下げる事ができるため、特に小型化した場合に駆動回路と超音波トランスデューサとの間の電氣的なマッチングが取れ、効率が向上するという効果を持つ。

【0039】〔実施例2〕図8および図9は本実施例を示し、図8は側面図、図9は変形例を示す側面図である。なお、図面の説明においては、前記実施例1と同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0040】本実施例においては、光硬化性の混合物として音響整合層用のシリコンゴムフィラー／光硬化性樹脂マトリックス混合物19（流動体）とした。また本工程に先立ち、前記実施例1に示した製造方法により、背面制動材4上に背面側表面電極3・複合圧電体7・放射面側表面電極10からなる圧電素子8が形成されている。

【0041】容器2内に、予めその表面に圧電素子8を



形成した背面制動材 4 を載置する。続いて、混合物 19 を容器 2 に入れ、ヒータ（図示省略）により加熱して約 75℃ に保った状態で、混合物 1 の液面と表面電極 10 との間隔  $t$  が形成しようとする圧電体の厚さと同一になるようにする。液面調整後、図 8 に示すように、光照射装置 11 から紫外光 5 を混合物 19 に照射しつつ走査する。このとき、紫外光 5 の照射範囲は表面電極 10 上における音響整合層を形成すべき領域に限定する。これは、音響整合層を表面電極 10 よりも大きく形成したい場合においては、この限りではない。

【0042】混合物 19 のうちに紫外光 5 を照射された部分 6 は、硬化して固体となる。所定の部分を硬化した後、背面制動材 4 を容器 2 を取りだし、これを超音波洗浄槽（図示省略）により洗浄する事により、未硬化の混合物 19 を除去する。その後、加熱放置または紫外線連続照射を行う事により、残った硬化部を後硬化し、完全に混合物の硬化反応を終了させる。以上により、音響整合層が光造型法により一体に形成される。

【0043】本実施例では、音響整合層を複合圧電体と同一の方法により製造できる。その形状は、光照射範囲により厳密かつ簡単に定められる。

【0044】本実施例によれば、複合圧電体製造と同一のプロセスで音響整合層を形成できる。これにより、複合圧電体と同様に高精度の音響整合層を用意に製造できるとともに、音響整合層の製造設備投資を低減できるという 2 つの効果を持つ。

【0045】尚、本実施例とは逆に、図 9 に示すように、音響整合層上に形成した圧電素子上へ、背面制動材を形成してもよい。この場合、混合物を前記実施例 1 において詳述した様な背面制動材用のフィラーと、光硬化性樹脂のマトリックスの混合物（流動体）とする。これらを形成する場合、前記実施例 1 において詳述したように、フィラーを光透過性のフィラーとの混合物とすることも同様に可能である。

【0046】【実施例 3】図 10～図 12 は本実施例の製造工程を示す斜視図である。本実施例においては、厚さが均一ではない複合圧電体を製造する方法について記述する。簡単な説明とするため、段階的に摺鉢状にその高さが変化する例を取り上げる。なお、図面の説明においては、前記各実施例と同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0047】まず、図 10 に示すように、背面制動材 4 の表面に形成された背面側表面電極 3 上に、形成後に目標とする複合圧電体の最薄部の厚さに相当する厚さの第 1 の複合圧電体 16 を、前記実施例 1 に示した光造型法により形成する。次に図 11 に示すように、第 1 の複合圧電体 16 上に、これに次ぐ厚さの部分の複合圧電体 17 を同様な光造型法により形成する。以上を繰り返す事により、図 12 に示すような、厚さが均一でない圧電素子 8 が形成される。

【0048】本実施例では光造型法により、不均一な厚さを持つ複合圧電体を容易かつ高精度に製造できる。

【0049】本実施例によれば、不均一な厚さの複合圧電体を用いることにより、超音波トランスデューサの発振周波数帯域を拡大する事ができる。また本例で示した形状の様に、複合圧電体の形状に音場の成形（集束）効果を持たせる事も可能である。

【0050】【実施例 4】図 13～図 16 は本実施例を示し、図 13 および図 14 は製造工程を示す斜視図、図 15 および図 16 は超音波トランスデューサの側面とその放射される超音波の強度分布を示すグラフである。なお、図面の説明においては、前記各実施例と同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0051】本実施例においては、複合圧電体の材料となる混合物として、圧電素子粉体と光硬化性樹脂との混合の割合を変化させたものを複数種使用する。まず、図 13 に示すように、中心部の第 1 の複合圧電体 16 を前記実施例 1 に示した光造型法により形成する。これに続き、第 1 の複合圧電体 16 の周囲に、混合物の種類を変えながら、図 14 に示すように、同芯状に複数の複合圧電体を同様な光造型法により形成する。

【0052】中心から外周に向かうに連れ、混合物中の圧電素子粉体の割合を単調減少させた場合、図 15 に示すように、ビーム内の振幅分布は中心が最も強く、外に向かうに連れて減少した形状となる。これにより、Gaussian 型またはこれに類した超音波ビームを放射する事ができる。また、圧電素子粉体の割合を増減させた場合には、図 16 に示すように、ビーム内の振幅分布も強弱を繰り返した形となる。これにより Bessel 関数型またはこれに類した超音波ビームを放射する事ができる。

【0053】本実施例によれば、Gaussian 型またはこれに類した超音波ビームを放射させる場合には、サイドローブが少ないため、特に近距離音場に優れた超音波トランスデューサを得る事ができる。また、Bessel 関数型またはこれに類した超音波ビームを放射させる場合には、回折が非常に少ないため、特に深達度に優れた超音波トランスデューサを得る事ができる。

【0054】尚、本実施例においては、中心における放射強度を最大とした軸対称の放射強度分布について示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、任意の分布状態と強度分布を持つ超音波トランスデューサの製造に適用する事ができる。

【0055】【実施例 5】図 17 は本実施例を示す側面図である。なお、図面の説明においては、前記各実施例と同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0056】本実施例においては、光硬化性の混合物として Ag 粉体を多量に含む導体粒子混合物 18 を用いる。また本工程に先立って、前記実施例 1 に示した製造方法により、背面制動材 4 上に背面側表面電極 3 および



複合圧電体 7 からなる圧電素子 8 が形成されている。前記複合圧電体 7 へ印刷法・スタンピング法等により、混合物 18 を塗布する。その厚さは数  $\mu\text{m}$  またはそれ以下とする。塗布後、紫外線を照射して混合物 18 を硬化する。

【0057】本実施例では、放射面側表面電極 10 を複合圧電体と同一の方法により製造できる。その形状は、光照射範囲により厳密かつ簡単に定められる。

【0058】本実施例によれば、複合圧電体製造と同一のプロセスで表面電極を形成できる。これにより、複合圧電体と同様に任意の形状で高精度の表面電極を容易に製造できるとともに、表面電極の製造設備投資を低減できるという 2 つの効果を持つ。

【0059】尚、本実施例とは逆に、音響整合層上に形成した複合圧電体上へ背面側表面電極を形成してもよい。

【0060】〔実施例 6〕図 18～図 21 は本実施例の製造工程を示し、図 18 は斜視図、図 19 は側面図、図 20 および図 21 は斜視図である。なお、図面の説明においては、前記各実施例と同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0061】本実施例においては、図 18 に示すように、背面制動材としてその表面に多数の分割された背面側表面電極 21 が形成されている。図 19 に示すように、前記背面側表面電極 21 の一つ一つに、個別に複合圧電体を形成する。これは、紫外線 5 を照射する範囲を限定する事により行われる。これにより、図 20 に示すように、アレイ状の分割された複合圧電体群 22 が製造される。この複合圧電体群 22 上に放射面側表面電極 10 及び音響整合層 9 を形成する事により、図 21 に示すようなアレイ型超音波トランスデューサ 23 を製造する。

【0062】本実施例では、アレイ型超音波トランスデューサが製造できる。その分割は、紫外線照射範囲を制御する事により高精度かつ容易に制御できる。

【0063】本実施例によれば、機械的な動作部を必要とせずに超音波ビームの走査が可能な、アレイ型超音波トランスデューサを得る事ができる。

【0064】尚、一般にアレイ型超音波トランスデューサは、複合圧電体群全体と同等の大きさを持つ圧電素子を、切断砥石により裁断する事により分割して製造する。このため裁断加工時に印加される応力により、個々のトランスデューサが破壊される事故がおき易いため、歩留りが低下する不具合がある。しかし、本実施例において示した方法によれば、機械加工を必要としないため、上記の様な不良が生じない。また、本例においては複合圧電体の形状を方形平板として示したが、前述のように光照射範囲を制御する事により、任意の形状の複合圧電体を製造できる事は言うまでもない。

【0065】〔実施例 7〕図 22～図 40 は本実施例を

示し、図 22～図 26 は製造工程を示す斜視図、図 27～図 40 は変形例を示し、図 27～図 39 は斜視図、図 40 は側面図である。なお、図面の説明においては、前記各実施例と同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0066】本実施例においては、図 22 に示すように、例えば筒状凹面のような平面ではない背面制動材 24 を用いる。この他に、複合圧電体の材料となる混合物として、前記実施例 1 で示した様ような圧電素子粉体と光硬化性樹脂との混合物を、揮発性のある有機溶剤で希釈したものを使用する。

【0067】図 23 に示すように、筒状凹面背面制動材 24 の側面のうち、背面側表面電極 3 以外の複合圧電体を形成しない部分を、耐溶剤性のマスキングテープ 25 により被覆する。次に、図 24 に示すように、被覆された該筒状凹面背面制動材 24 を混合物中に浸漬してから引き上げる事により、その表面にディッピング法により混合物の被覆 26 を塗布する。続いて、図 25 に示すように、これを乾燥して揮発成分を除去する事により、圧電素子粉体と光硬化性樹脂のみからなる混合物層 27 を得る。最後に、図 26 に示すように、マスキングテープ 25 を除去する事により、背面側表面電極 3 上のみ、混合物層 29 を残す。該混合物層 29 を硬化する事により、曲面状の複合圧電体を得る事ができる。

【0068】本実施例では、任意の曲面上に複合圧電体を形成できる。

【0069】本実施例によれば、複合圧電体の形状に音場の成形（集束）効果を持たせる事が可能になる。これにより、音響レンズを用いなくても音場成形が可能になるため、位相整合を取り事ができる音響整合層のみを形成すればよいことになり、超音波トランスデューサの感度を向上させる事ができる。

【0070】尚、本実施例においては、紫外線照射前に予め余分の複合圧電体用混合物を除去する方法について示したが、前記各実施例の様に、複合圧電体を形成したい部分にのみ紫外線照射を行い、未硬化の部分を洗浄する手法を取る事も可能である事は言うまでもない。

【0071】また、本実施例の製造法は、超音波トランスデューサの形状を方形の平板等の単純な形状に限定する必要がなくなるという効果も持っており、他の医療用途やソナー等の水中超音波機器用の超音波トランスデューサの製造に関しても、全く同様に有効な製造方法である。例えば多角形の平面形状や、図 27～図 32 に示すように、円（または楕円）型 30・円錐状殻 31・球殻 32・屈折板 33・片円筒面 34・両円筒面 35 等や、これらの組み合わせ等の、任意の形状の複合圧電体の製造に適している。

【0072】さらに、本実施例の製造法は、任意の曲面上に形成する事ができる事から、前記実施例 6 と組み合わせる事により、各種のアレイ型超音波トランスデュー

サ用の複合圧電体を製造することができる。例えば、図 3 3～図 3 9 に示すような、コンベックスアレイ型超音波トランスデューサ 3 6、ラジアルアレイ型超音波トランスデューサ 3 7、鞍状（集束コンベックスアレイ型）超音波トランスデューサ 3 8、鼓状（集束ラジアルアレイ型）超音波トランスデューサ 3 9、アニュラアレイ型超音波トランスデューサ 4 1、球殻状アニュラアレイ型超音波トランスデューサ 4 2、コニカルアニュラアレイ型超音波トランスデューサ 4 3、等に適する複合圧電体が製造可能である。また、これらアレイの次数を高めたものとして、平面の走査が行えるマトリックスアレイ型超音波トランスデューサにも適用可能である。

【0073】また、本実施例においては、混合物の塗布厚をディッピング時の混合物の粘性・表面張力等により制御する方法について述べたが、前記実施例 1 において示した規制液面法の応用として、図 4 0 に示したような透明な型を用いて、混合物の塗布厚を制御する事も可能である。この型 4 0 は前述の容器 2 の底面の形状を曲面とする事により、これと兼用させる事ができる。

【0074】

【発明の効果】請求項 1 の効果は、光硬化型樹脂を用いた複合圧電体による、超音波トランスデューサを提供できる。請求項 2 の効果は、特に異なった圧電特性を持つ複数種の複合圧電体から構成される超音波トランスデューサを提供できる。請求項 3 の効果は、特に複合圧電体の形成を確実に行う事ができる、超音波トランスデューサを提供できる。請求項 4 の効果は、特に生産性に優れた超音波トランスデューサを提供できる。請求項 5 の効果は、特に上記構造の超音波トランスデューサを生産する事が可能になる。請求項 6 の効果は、特に超音波トランスデューサの各部材を複合圧電体と同一の装置で製造する事ができる。請求項 7 の効果は、特に上記構造の超音波トランスデューサを、形状を任意に設定しつつ生産する事が可能になる。

【図面の簡単な説明】

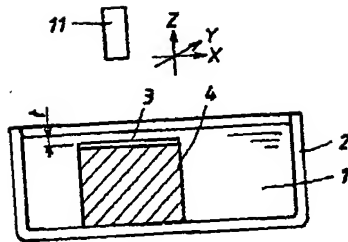
【図 1】実施例 1 を示す側面図である。  
 【図 2】実施例 1 を示す側面図である。  
 【図 3】実施例 1 を示す側面図である。  
 【図 4】実施例 1 を示す側面図である。  
 【図 5】実施例 1 を示す側面図である。  
 【図 6】実施例 1 を示す側面図である。  
 【図 7】実施例 1 を示す側面図である。  
 【図 8】実施例 2 を示す側面図である。  
 【図 9】実施例 2 を示す側面図である。

【図 10】実施例 3 を示す斜視図である。  
 【図 11】実施例 3 を示す斜視図である。  
 【図 12】実施例 3 を示す斜視図である。  
 【図 13】実施例 4 を示す斜視図である。  
 【図 14】実施例 4 を示す斜視図である。  
 【図 15】実施例 4 を示す側面図およびグラフである。  
 【図 16】実施例 4 を示す側面図およびグラフである。  
 【図 17】実施例 5 を示す側面図である。  
 【図 18】実施例 6 を示す斜視図である。  
 【図 19】実施例 6 を示す側面図である。  
 【図 20】実施例 6 を示す斜視図である。  
 【図 21】実施例 6 を示す斜視図である。  
 【図 22】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 23】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 24】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 25】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 26】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 27】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 28】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 29】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 30】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 31】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 32】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 33】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 34】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 35】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 36】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 37】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 38】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 39】実施例 7 を示す斜視図である。  
 【図 40】実施例 7 を示す側面図である。

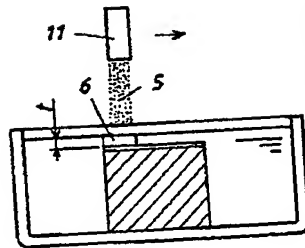
【符号の説明】

- 1 混合物
- 2 容器
- 3 背面側表面電極
- 4 背面制動材
- 5 紫外線
- 6 照射部分
- 7 複合圧電体
- 8 圧電素子
- 9 音響整合層
- 10 放射面側表面電極
- 11 光照射装置
- 15 超音波トランスデューサ

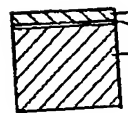
【図1】



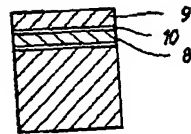
【図2】



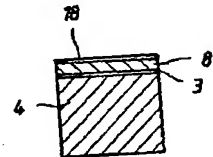
【図3】



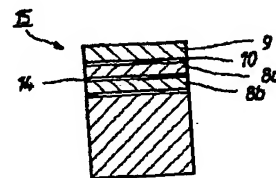
【図4】



【図17】



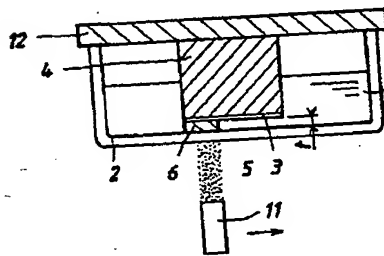
【図7】



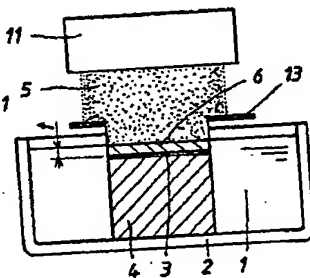
- 1 混合物
- 2 容器
- 3 背面側表面電極
- 4 背面側駆動材
- 5 紫外線
- 6 照射部分

- 7 複合圧電体
- 8 圧電素子
- 9 音響整合層
- 10 放射面表面電極
- 11 光照射装置
- 15 超音波トランスデューサ

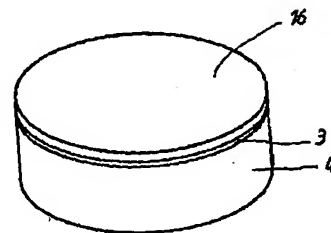
【図5】



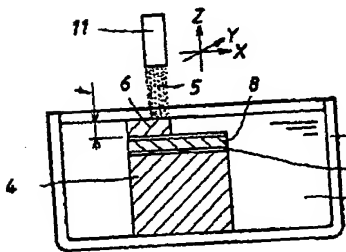
【図6】



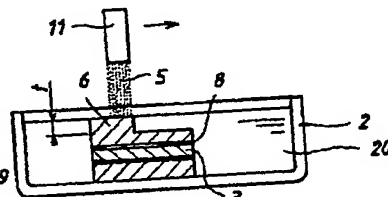
【図10】



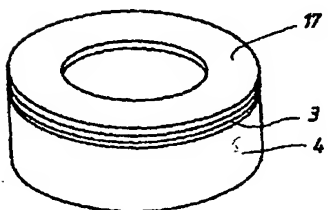
【図8】



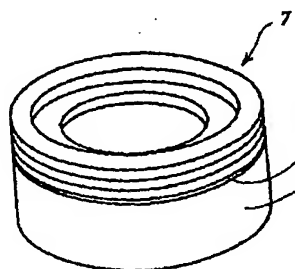
【図9】



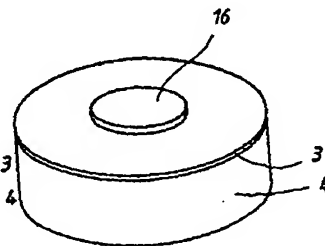
【図11】



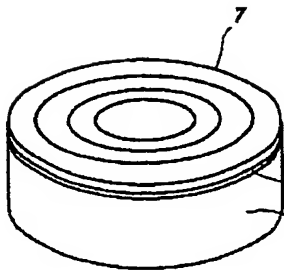
【図12】



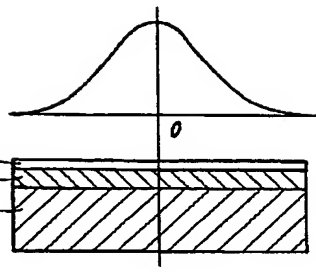
【図13】



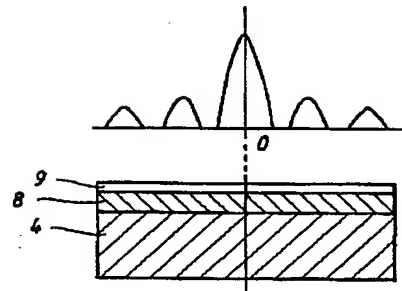
【図14】



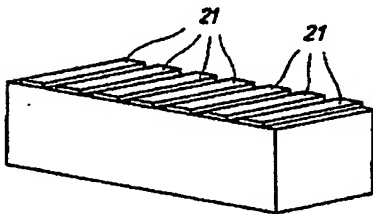
【図15】



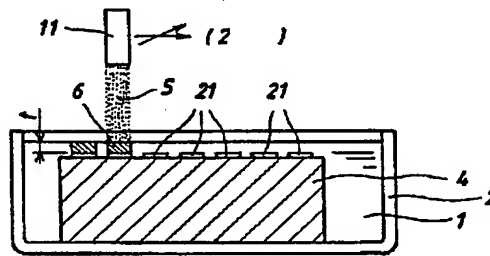
【図16】



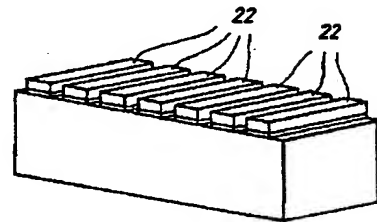
【図18】



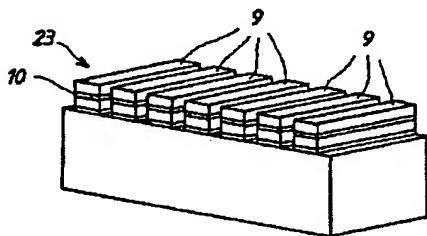
【図19】



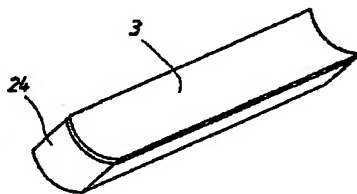
【図20】



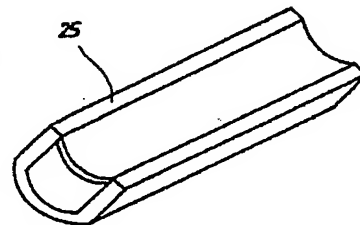
【図21】



【図22】



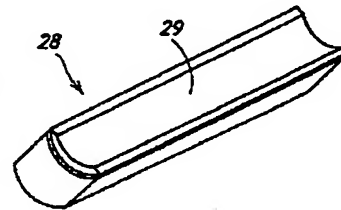
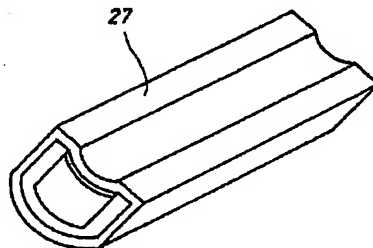
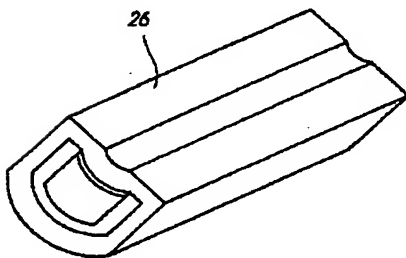
【図23】



【図24】

【図25】

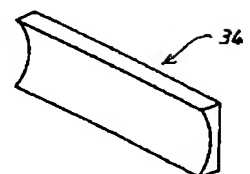
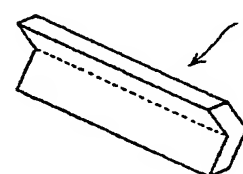
【図26】



【図29】

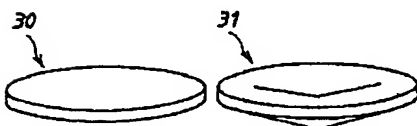
【図30】

【図31】

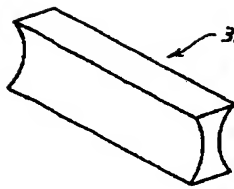


【図27】

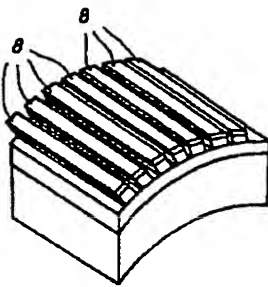
【図28】



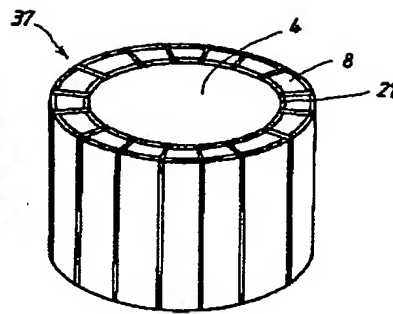
【図 32】



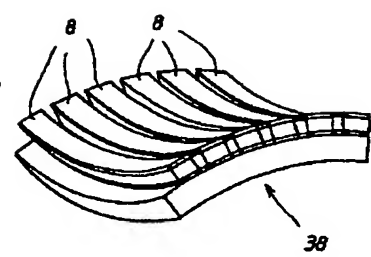
【図 33】



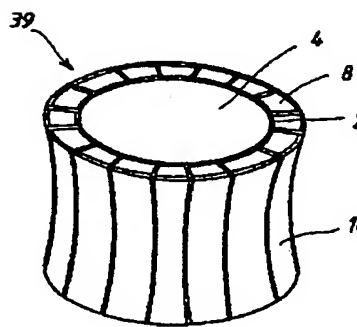
【図 34】



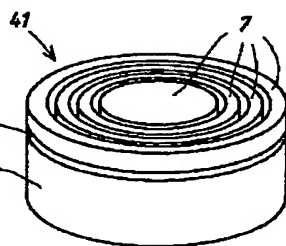
【図 35】



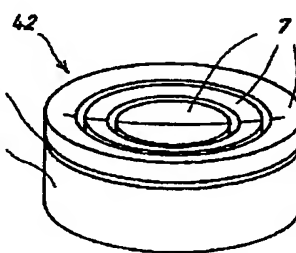
【図 36】



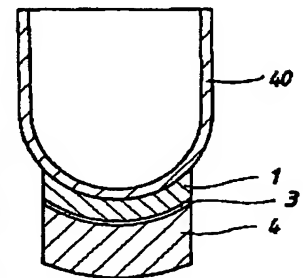
【図 37】



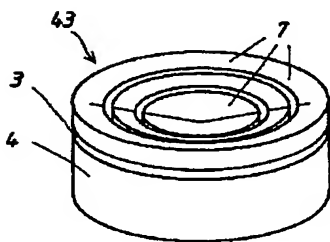
【図 38】



【図 40】



【図 39】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H 0 4 R 31/00

識別記号

3 3 0

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 41/22

技術表示箇所

Z

